Einiges über den Generationswechsel.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung

der medicinischen Doctorwürde

sammt Thesen öffentlich vertheidigt

von

Friedrich Nölting

aus Lübeck.

Göttingen

Cassel 1856.

Buchdruckerei von Friedrich Scheel.

Meinem verehrten Lehrer

und väterlichen Freunde

A. Förster,

Professor der pathologischen Anatomie

in Göttingen.

Vorrede.

Nur mit Zagen biete ich diese unreife Frucht dar, denn wohl Keinem mehr wie mir selbst sind die Mängel und Schwächen der Arbeit bewußt. Gern und lange habe ich mich zwar mit diesem meinem Lieblingsthema beschäftigt; um so mehr fühle ich, wie sehr es einer Meisterhand bedarf, das gesammelte Material zu ordnen und übersichtlich darzustellen. Es ist in diesem Falle um so schwieriger, da es einen Zweig der vergleichenden Anatomie betrifft, dessen Kenntniß noch lange nicht zum Abschluß gekommen ist. Hierin liegt aber gerade das Verlockende. Täglich fast kommen neue Forschungen, täglich wird Gebiet für den Generationswechsel gewonnen. Was anfangs nur für wenige untere Thiere Geltung zu haben schien, kennt man jetzt als eine sehr verbreitete Erscheinung unter den niederen Thieren. Trotz der täglich sich mehrenden Thatsachen konnte ich selbst leider keine neue Forschung aufstellen. Vergebens wird der suchen, der solche in diesen Zeilen erwartet. Wer aber das Vorkommen des Generationswechsels kennt, wird mich vielleicht entschuldigen. Man entdeckt einen Generationswechsel, er ist schwer zu suchen. Wer eine große Entdeckung auf diesem Felde gemacht hat, verdankt sie gewiß seinen langen Forschungen, aber jeder spricht von Glück, wenn er gefunden, was er gesucht. Denn jahrelange Untersuchungen können fruchtlos sein, ein glücklicher Moment bringt herrliche Belohnung für die langen Mühen. So konnte und durfte ich in dieser Zeit nicht an so zeitraubende Forschungen denken. Selbst alle Thatsachen, die bisher über den Generationswechsel gesammelt sind, encyklo-

pädisch zu sammeln, war nicht meine Absicht. Denn dieselben sind zahlreich und dieser Raum würde nicht hinreichen, sie zu umfassen. Nein, wenn es mir gelungen ist, das Wesen des Generationswechsels Jemandem anschaulich gemacht zu haben, sind meine Wünsche erreicht. Soll in Wenigem der Begriff desselben angedeutet werden, so kann man sagen: Im Generationswechsel zeugt ein Thier geschlechtlich Junge, welche selbst geschlechtlos dem Mutterthier unähnlich sind und bleiben. Diese erzeugen auf ungeschlechtlichem Wege Junge, die entweder selbst oder in ihrer Nachkommenschaft zur Form und Bedeutung des Mutterthieres zurückkehren.

Steenstrup hat die ungeschlechtlich zeugende Zwischenform Amme genannt, da sie bestimmt sei, eine Brut aufzuziehen. Wir werden den Namen beibehalten, billigen wir ihn auch nicht.

Soviel vorläufig zum Verständniß. Wie ich hoffe, wird das Uebrige aus der Schrift selbst hervorgehen. Wenn ich bisweilen nicht genau verfahren oder der Ausdruck verfehlt ist, so ersuche ich Sie um Ihre gütige Nachsicht.

I. Medusen und Polypen.

Wer kennt nicht unter dem Namen Quallen jene glockenförmigen, wasserhellen Geschöpfe, die oft zum Schrecken der Badenden und zur Freude des Naturfreundes im Spätsommer zu Tausenden an die Küsten der Nord- und Ostsee kommen? Kaum sollte man es glauben, daß die Naturgeschichte dieser Thiere, trotzdem sie so allgemein verbreitet sind, bis in die neueste Zeit ein Räthsel war. Erst den unermüdlichen und scharfsinnigen Beobachtungen eines Sars ist es gelungen, einige Helligkeit in dieses Dunkel zu bringen. Wir müssen ihm großen Dank wissen, denn die Entwickelungsgeschichte dieser Thiere hat nicht allein an und für sich Interesse, sondern vorzüglich deshalb, weil sie Verhältnisse aufgedeckt hat, die mit allen sonst bekannten Gesetzen in der Entwickelung der Thierwelt im Widerspruch zu stehen schienen.

Medusa aurita, unsere gemeine Qualle, kannte man schon ziemlich lange als ein Eier legendes Thier. Früher galt sie für hermaphroditisch; erst in der Neuzeit (durch C. Th. v. Siebold [1]) ist nachgewiesen, daß sie zu den Thieren mit getrennten Geschlechtern gehört. Aus den Eiern derselben, die eine Zeitlang nach dem Austritt aus den Ovarien in besonderen Behältern zurückgehalten werden, entwickeln sich infusionsartige, mit Flimmerhaaren besetzte Junge, die sich mittelst derselben lebhaft bewegen. Das dickere Ende des eiförmig gestalteten Körpers jedes Thierchens zeigt ein Grübchen, das die Bedeutung einer Saugwarze hat. Mit diesem Ende setzt es sich nach einiger Zeit an einen Gegenstand des Meergrundes fest, um

[1]) Beiträge zur Kenntniß wirbelloser Thiere. Danzig 1839.

diesen einmal erwählten Platz nun nicht mehr zu verlassen. Schon nach einiger Zeit beobachtet man einige wesentliche Veränderungen. Die Flimmerhaare gehen allmählich verloren. Das freie Ende schwillt kolbenförmig an, plattet sich auf der Höhe aber bald etwas ab. In der Mitte bildet sich eine Höhlung, die die Stelle des Mundes vertritt. Am contractilen Rande dieser Grube, welcher anfangs kreisrund war, merkt man bald kleine papillenartige Hervorragungen, die immer deutlicher hervortreten, und schließlich hat sich eine Anzahl feiner Tentakeln, die kreisförmig um die Oeffnung stehen, gebildet. Es sind dies Fangarme, die zur reichlicheren Zufuhr von Nahrung bestimmt sind. [2]). Das Thier nimmt jetzt rasch zu und bald tritt auch eine neue Erscheinung auf. Man merkt nämlich an der Stelle, wo der Mund sich befindet, eine Hervorragung, die das Aussehen einer Knospe hat. Dieselbe tritt immer freier hervor; ehe sie sich aber abtrennt, merkt man eine ähnliche Hervortreibung dem freien Ende der Knospe gegenüber, und ehe noch diese frei hervorgetreten ist, zeigt sich schon eine dritte Anschwellung an der Stelle der Verbindung der zweiten Knospe mit dem Mutterthiere. Aehnlich dauert diese Knospung nun eine Zeitlang fort. Die zuerst gebildete Knospe ist die am meisten entwickelte. Die einzige deutliche Entwickelung derselben besteht aber in der Bildung von Tentakeln. Wegen der Größe derselben hat man sie für die des Stammthieres angesehen und den ganzen Proceß auch als eine Abschnürung aufgefaßt. [3]) Die Knospen entwickeln sich immer freier, der Zusammenhang zwischen den einzelnen wird immer loser, so daß man dieselben nicht unpassend mit einer Anzahl in

---

[2]) In diesem Stadium haben einzelne Forscher eine seitliche Knospen- und Sprossenbildung beobachtet, aus denen sich dem Stammthier ähnliche Individuen erzeugen, die demselben anhaften oder sich von ihm lösen und eine selbstständige dem Stammthiere ähnliche Entwickelung durchmachen.

So deute ich wenigstens die Beobachtung von Dr. Reid, wie auch die Fig. 18 u. 19 in Steenstrup's Generationswechsel.

[3]) Steenstrup „über den Generationswechsel, eine eigenthümliche Form der Brutpflege unter den niedern Thieren.“ Kopenhagen 1842.

einander gesetzter Untertassen verglichen hat. Endlich löst sich die oberste Knospe und schwimmt als kleine bewegliche Scheibe mit Fangarmen herum. Sie gleicht schon jetzt sehr der ausgewachsenen Meduse. Durch mehrfache Metamorphosen wird sie derselben aber ganz gleich. Es entwickeln sich Geschlechtsorgane und die geschlechtlich entwickelte Meduse pflanzt sich durch Eier fort, aus denen das gewimperte Junge entsteht, und der Entwickelungsgang beginnt von vorn.[4]) Die polypenartige Larve, wie wir wohl die Individuen nennen können, aus denen die jungen Medusen hervorknospen, fährt fort in ihrem Polypenleben und erzeugt nach Ablösung der ältesten Knospe stets neue wieder.

Fassen wir noch einmal kurz die eben besprochenen Erscheinungen zusammen, so zeigt sich, daß die Meduse auf geschlechtlichem Wege ein Ei zeugt, aus dem ein wimpernder Embryo entsteht. Dieser setzt sich fest und wird ein polypenartiges Thier mit Fangarmen. Aus diesem entstehen auf ungeschlechtlichem Wege durch Knospung junge Medusen. Es tritt also der sich festsetzende Embryo als Amme für die jungen Medusen auf. Wir haben mithin einen vollständigen Generationswechsel vor uns.

Hieran füge ich die Entwickelung der Hydrarienpolypen, nicht sowohl weil etwa eine große Verschiedenheit von der vorigen Familie Statt findet, als weil hiedurch recht klar der Einfluß der Lehre vom Generationswechsel auf die Zoologie nachgewiesen werden kann. Dem Zoologen ist allgemein eine Polypengattung bekannt unter dem Namen „Syncoryne". Man weiß, die Individuen dieser Gattung entstehen aus einer wimpernden Brut, die sich festsetzt und abplattet. Aus dem Centrum erhebt sich eine kuglige Geschwulst, in der der Saft lebhaft circulirt, allmählich hebt sich dieselbe immer höher, das obere, freie Ende ist dabei kolbig aufgetrieben; so treibt der Schaft immer höher, dabei werden durch abwechselnden Wachsthum gleichsam Ringe gebildet, so

---

[4]) Sars Beschreibung und Beobachtung einiger merkwürdiger oder neuer im Meer an der Bergenschen Küste lebenden Thiere. Bergen 1835. Désor génération medusipare des polypes hydraires. Annales des sciences nat. Tom 12 §. 3 1849.

daß das Gebilde einer Schnur aufgereihter Perlen gleicht. Doch nicht genug, daß die Axe sich verlängert, es heben sich auch seitliche Wulstungen hervor, welche ebenfalls wachsen, um gleichsam Zweige oder Ausläufer zu bilden. Gleichzeitig entwickeln sich solche von der Grundfläche des Polypen aus nach allen Seiten. Die Oberfläche der äußeren Membran sondert dabei eine anfangs weiche, später sehr zähe Flüssigkeit aus, wodurch der Polyp zuletzt eine hornartige Scheide bekommt. An dem Hauptstamme, aber auch an den Zweigen entstehen außerdem Ausbuchtungen, die aber keine neuen Aeste werden. Wie man bald sieht, befinden sich in diesen kugligen Hervorragungen zwei Kanäle, in denen der Speisebrei fluctuirt. Die Geschwulst verdünnt sich an der Basis allmählich und wird mehr und mehr einer Glocke gleich, die wie eine Frucht am Zweige hängt. Die Glöckchen ähneln schon jetzt vollkommen Medusen, besonders da sich bei ihnen eine kontrahirende Bewegung zeigt, wie man sie nur bei Medusen kennt. Der Zusammenhang dauert nicht für immer. Die Glocke fällt ab und frei geworden bewegt sie sich lebhaft nach Art der Medusen. Tentakeln, die bisher versteckt waren, entwickeln sich rasch. Man erkennt anfangs keine Geschlechtsorgane in den neuen Individuen. Wohl aber treten dieselben bald auf. Von der Höhlung nämlich, der Glocke dem Rückennabel nach innen entsprechend, ragt, einem Schwengel zu vergleichen, der lappig-röhrige Magen hervor. In seiner Umgebung entwickeln sich die Ovarien, die reichlich Eier erzeugen, aus denen wiederum eine wimpernde Brut entsteht.

Wir haben hier einen Entwickelungsgang vor uns, welcher in vielen Punkten dem der medusa aurita gleicht. Wir haben hier Bildung von Sprossen, aber gleichzeitig von Knospen vor uns, die sich trennen und zu vollkommnen, geschlechtsreifen Medusen umwandeln. Aber ein interessanter Umstand tritt hier deutlicher hervor. Wir haben in der Gattung Syncoryne eine Thierreihe, die bisher allgemein zu den Polypen gezählt ward. Man hatte keine Ahnung von einem Zusammenhang mit sonst bekannten Medusen (Oceania). Jetzt weiß man, daß beide Formen nnr Entwickelungsstufen eines Thieres sind. Aber nicht allein bei der

Gattung Syncoryne, nein, fast bei allen Polypen, die man zu den hydroiden Polypen zählt, sind ähnliche Beobachtungen gemacht, so daß es mehr als wahrscheinlich wird, daß man dieselben aus dem System streichen muß und als Ammenstöcke von Medusen aufzuführen hat. Und noch eine andere Folge von großer Wichtigkeit hat die Entdeckung dieser Entwickelungsweise gehabt. Man kennt eine große Anzahl von Medusen, von denen die Entwickelungsweise unbekannt war. Jetzt war uns ein Weg gezeigt, den wir hoffnungsvoll betreten konnten. Der Erfolg ist ein glänzender gewesen. [5]) Auf die wunderbarsten Verhältnisse ist man gestoßen. So viel ist klar, nicht alle Medusen erzeugen polypenartige Junge, somit wäre die Annahme, daß diese beiden Familien einst gänzlich zusammenfallen, von geringer Wahrscheinlichkeit. Alles bisher Erforschte hat aber solch großen Reichthum der Formen aufgewiesen, soviel Unerwartetes, Wunderbares aufgedeckt, daß darin schon die Aufforderung zum Weiterforschen liegt.

Trematoden.

Wir gehen jetzt zu einer anderen Thierabtheilung über, zu den Trematoden, die zur großen Klasse der Würmer gehören. Als Eingeweidewürmer leben sie parasitisch im Innern höherer Thiere. Das Genus, was uns hier interessirt, ist das der Distomen, die im Innern der Süßwasserschnecken (Limnaeus stagnalis, Planorbis corneus etc.) leben. Leider, muß ich bevorworten, ist die Beobachtungsweise keine ganz ununterbrochene. Aus der Entwickelung zweier Species hat man sich das Bild eines Generationswechsels zusammengestellt, der hier in besonderer Reinheit zu Tage tritt. Um mein Bild darum nicht zu trüben, da mir die Darstellung des Generationswechsels die Hauptsache ist und ich die Beispiele nur zur Erläuterung dieser Naturerscheinung anwende, so möge es mir erlaubt sein, diesen Umstand nicht weiter zu be-

[5]) Litteratur Lovén Wiegmanns Archiv für Naturgeschichte 1837. — J. Müller, Müllers Archiv 1852 p. 30. — Dujardin über Entwickelung der Medusen und Hydrarienpolypen, Froriep Not. B. 37.

rücksichtigen, als Noth thut, um nichts Falsches in die Darstellung zu bringen.

Keiner ahnte früher etwas von der Entwickelung dieser Thiere und mit großer Sicherheit nahm man für die Entstehung derselben die generatio aequivoca in Anspruch, was nicht so sehr zu verwundern ist, da die Erforschung ihrer Lebensweise nur den unermüdlichsten Forschungen der berühmtesten Helminthologen gelungen ist.

Schon lange kannte man kleine, lebhaft sich bewegende, geschwänzte Würmchen unter dem Namen Cercarien; vor allem in der Nähe von Limnaeus stagnalis wimmelt das Wasser von denselben. Nach geraumer Zeit setzen sich diese Thierchen fest und bohren sich in die Epidermis der Schnecke mit eigenen Hakenapparaten, wobei sie vom reichlichen Schleime dieser Thiere bedeckt wird. Bei diesem Geschäfte verlieren sie in der Regel ihren Schwanz. Zugleich umgeben sich die Thiere mit Schleim, welcher erstarrt und eine zähe Cyste um sie bildet. Die Hakenapparate verlieren sie bald und man findet dieselben häufig an irgend einer Stelle innerhalb der Cyste liegen. In diesem Puppenzustande verharren die Thierchen, die jetzt schwanzlos schon große Aehnlichkeit mit ausgebildeten Distomen haben, oft sehr lange. Die einzige Veränderung, die sie erleiden, scheint der Beginn der Bildung von Geschlechtsorganen zu sein. Denn die Cercarien sind stets geschlechtslos. In einzelnen Fällen [6]) ist die vollständige Ausbildung der Geschlechtsorgane sowohl von Hoden wie von Ovarien (da die Distomen Hermaphroditen sind) mit zahlreichen Samenfäden und Eiern beobachtet worden. Jedoch ist dies nur Ausnahme und die Thiere sind jedenfalls nicht dazu bestimmt, in den Schnecken ihre höchste Entwickelung zu erreichen. Sie sind vielmehr wie viele andere Eingeweidewürmer dazu ausersehen, in höhere Thiere einzuwandern. Leider ist man dieser Einwanderung noch nicht auf die Spur gekommen. Hier wäre die Kenntniß dieser Thiere zu Ende gewesen, wenn man nicht nach der Entstehung

---

[6]) Pontallie Ann. des sc. nat. 51.

der Cercarien geforscht hätte. Schon lange waren die königsgelben Würmer von Bojanus bekannt, die er in Wasserschnecken nistend fand und beschrieb. In diesen entdeckte derselbe zahlreiche Cercarien, weshalb v. Siebold sie Cercariennester benannte. Hier war wiederum die Kenntniß zu Ende, denn die Keimschläuche konnten doch nicht von den geschlechtslosen Cercarien entstehen. Die Deutung der Keimschläuche war nicht möglich. Man konnte aber leicht beobachten, daß in den Keimschläuchen die Cercarien sich entwickelten, denn man fand in einem Schlauche Cercarien auf allen Entwickelungsstufen. Nur das muß ich noch erwähnen, daß in einzelnen Fällen v. Siebold und Steenstrupp beobachtet haben, daß diese Cercarienschläuche wiederum in Cercarienschläuchen von ähnlicher, aber doch etwas abweichender Form gefunden worden sind.[7]) Weiter hat bisher die Entwickelung der Trematoden nicht verfolgt werden können. Wir würden es jetzt noch nicht können, wenn wir nicht aus einer Beobachtung von v. Siebold die Entwickelungsreihe ergänzen könnten. Derselbe fand bei Monostoma mutabile, einer Trematodenart, die in Wasservögeln vorkommt, ein Junges, das, wenn geboren, sich mittelst Flimmerhaare lebhaft im Wasser zu bewegen im Stande war. In diesem sehr contractilen, die Form oft verändernden Geschöpfe entdeckte er einen dunklen Körper, der den größten Theil der Leibeshöhle ausfüllte. Derselbe bewegte sich schwer und gab sich dadurch als Thier zu erkennen. Der flimmerbekleidete Embryo schlüpfte in eine Schnecke, dort starb derselbe, die äußere Hülle fiel ab und der dunkle Körper blieb zurück, der wunderbarer Weise jungen Cercarienschläuchen sehr glich.

Nach diesen Thatsachen sind die Cercarien die Larven der Distomen, die sich durch Metamorphose unter günstigen Verhältnissen in geschlechtsreife Distomen verwandeln oder im cystirten Zustande auf die Gelegenheit warten, wo die Schnecken von höheren Thieren gefressen werden. Im Darme solcher scheint ihre vollkommne Entwickelung vor sich zu gehen. Das geschlechtsreife

---

[7]) Siehe Steenstrup Taf. II Fig. 2.

Distom erzeugt einen flimmernden Embryo, der selbst geschlechtslos einen Embryo in sich erzeugt. In diesem bilden sich Cercarien, deren Entwickelung aus einfachen Keimkörpern man in den Cercarienschläuchen verfolgen kann. Die Cercarienschläuche sind also nach dem Ausdrucke Steenstrups, da sich in ihnen geschlechtslos eine Brut erzeugt, Ammen. Der ganze Vorgang ist ein Generationswechsel. [8])

Cestoden, Band- und Blasenwürmer.

Ich füge die Entwickelung dieser Thierabtheilung hier bei, weniger, weil sie in Hinsicht des Generationswechsels große Abweichungen darbietet, sondern weil sie für den praktischen Arzt von einem großen Interesse sein muß.

Vor 20 Jahren war der genetische Zusammenhang zwischen Band- und Blasenwürmern völlig unbekannt. Die Blasenwürmer waren in den Augen der Naturforscher vollkommen räthselhafte Gebilde. Mitten im Korper von Thieren und Menschen fand man große Blasen mit krystallhellem Wasser gefüllt. Von der Naturgeschichte der Finnen wußte man sehr wenig. Sie waren geschlechtslos, konnten also nach der dermaligen Ansicht nicht bestimmt sein, Nachkommen zu erzeugen. Wie sollte man sich ihre Entstehung anders erklären, als durch Entstehung aus dem umgebenden Gewebe, und in der That waren sie, wie auch die Bandwürmer, Hauptstütze für die ganze Lehre der generatio aequivoca. Daß ein innerer Zusammenhang zwischen beiden Thierformen bestand, ahnten einige Naturforscher zwar schon lange, aber doch wagte es keiner mit Bestimmtheit auszusprechen, denn der experimentelle Beweis war noch nicht geführt. Vieles freilich mußte zur Vermuthung dieses Zusammenhangs führen. Denn erstens fand man, daß grade Fleischer, Köche, kurz Leute, die viel mit rohem

[8]) Die Keimschläuche, die in sich Cercarienammen hegen, nannte Steenstrup Großammen, doch ist ihr Auftreten nicht constant, wie dieser anzunehmen scheint.

Fleische umgingen, auch viel an Bandwürmern litten; ferner daß der sogenannte Kopf der Bandwürmer mit aller Mühe nicht vom Kopf einiger Blasenwürmer zu unterscheiden war. Es galt nur den direkten Nachweis. Den ersten Versuch einer Fütterung mit Finnen mit Glück ausgeführt zu haben, dies Verdienst gebührt ohne Frage Küchenmeister. [9]) Den rechten wissenschaftlichen Werth erhielten diese Versuche erst, als v. Siebold diese Sache aufnahm und mit bewunderungswürdiger Umsicht und Ausdauer ausführte. [10])

Seit jenen Versuchen haben die Untersuchungen nicht geruht und es ist wohl kaum ein Helmintholog von Bedeutung zu nennen, der dieselben nicht ausgeführt hat. [11])

Manches ist noch Gegenstand des Streites zwischen den Naturforschern. Vieles ist schon festgestellt. Letzteres will ich versuchen in Kürze wiederzugeben. [12])

Jedem, der einen Bandwurm betrachtet, fällt die Gleichheit der einzelnen Glieder auf; man weiß, daß dieselben zu Zeiten sich einzeln loslösen, sich nach außen begeben, wo sie dann noch eine Zeit lang sich selbstständig bewegen. Solche Glieder hat man auch wohl vereinzelt gefunden und beschrieben und Dujardin hat ein eigenes Genus Proglottis aus ihnen gemacht. In der That verwehrt uns jetzt niemand, dieselben als geschlechtsreife Thiere aufzuzählen. Wir werden dieselben Proglottiden nennen.

Der Bandwurm ist mithin ein animal compositum, eine Thiercolonie. Betrachten wir den Bandwurm in seiner Gesammtheit, so sieht man, daß das eine Ende schmal zuläuft. Es ist dies der sogenannte Kopf. Unter dem Mikroskop sieht man an ihm (wenigstens beim Bandwurm des Menschen, von dem wir hier zunächst sprechen) 4 Saugnäpfe und in der Mitte einen stattlichen Hakenkranz. Mit den Saugnäpfen befestigt sich der

---

[9]) In Zittau 1851.

[10]) In Schlesien 1852.

[11]) Statt weitläufiger Anführung der Litteratur verweise ich auf Küchenmeister Parasiten, die im und am menschlichen Körper vorkommen. Leipz. 1855.

[12]) s. C. Th. v. Siebold über Band- und Blasenwürmer. Leipzig 1854.

Kopf, wie wir der Einfachheit halber dieses Ende nennen wollen, an der Darmwandung. Derselbe dient für den ganzen Stock zur Befestigung und Ernährung; bei einer Bandwurmcur muß man daher vor allem den Kopf zu entfernen suchen, wenn die Kur nachhaltig sein soll. Die Glieder des Bandwurms nehmen vom Kopf zum Ende an Größe und Entwickelung zu. Die letzten Glieder haben stets vollkommene Geschlechtsorgane, sowohl männliche wie weibliche. Im Ovarium findet man Eier, in denen schon ein fertiger Embryo steckt; derselbe ist mit 6 feinen Häckchen bewaffnet.

Die Proglottiden des menschlichen Bandwurms werden von den Schweinen aus dem Unrath aufgenommen, wodurch sich die Schweine mit Finnen anstecken; denn sobald die Eier in den Darm des Schweines kommen, beginnt der Embryo die Schale zu durchbrechen und fängt an zu wandern; er wandert aber nicht etwa zum Darm hinaus, sondern bohrt sich mittelst der Häkchen in die Wandung des Darms ein und indem er zugleich die hinteren Häkchen zum Stemmen gebraucht, gelingt es ihm, sich durchzubohren; so gelangt er auch in die Mesenterialgefäße und wird durch diese in die Leber geführt. Doch kann er auch in die Muskeln gelangen, kurz in die meisten Theile des Körpers. In der Leber und in den Muskeln bohrt das Thierchen sich freilich noch eine Zeit lang fort, dann bleibt es aber sitzen und verändert seine Gestalt. Das ovale Thierchen wird zu einem rundlichen Bläschen. Die Häkchen, die ihm im ruhigen Zustand von keinem Nutzen sind, werden abgeworfen und man hat sie in der Leibessubstanz des späteren scolex befestigt wiedergefunden.[13]) Das Thier wird jetzt durch Endosmose und Exdosmose ernährt und verwandelt sich in eine Blase mit wasserhellem Inhalt (die Finnen). Nach einiger Zeit bemerkt man an einer Stelle der Wandung eine milchige Trübung, die immer deutlicher wird und endlich läßt sich ein Bandwurmkopf in der Blase zurückgezogen erkennen. Drückt man den scolex

[13]) Stein Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Band II. p. 196. G. Meisner ebendas. Band V. p. 383.

aus seiner umgebenden Hülle heraus, so hat man einen Bandwurmkopf mit blasig erweitertem Hinterleib. In diesem Zustand kann das Thier lange verharren und wird sein Wirth nicht gefressen, so stirbt es ab und verkreidet. Kommt aber die Finne in einen Menschen- oder Hundedarm, so wird die Schwanzblase verdaut, der Kopf bleibt zurück. Er ist die Amme für den Bandwurmstock, denn jetzt treibt aus seinem Körper Knospe auf Knospe, oder wie man sich ausdrückt, der Leib wächst in die Länge, bekommt Buerrunzeln, die immer deutlicher werden und schließlich sich ganz abschnüren. Die erste Knospe wird das letzte Glied, welches darum auch das entwickeltste ist. Wie ich schon gesagt, die Amme des Stocks ist der sogenannte Kopf, sie erzeugt bis zu einem gewissen Grade stets neue Glieder, wir sehen also, daß der Handlungsweise der alten Aerzte auch eine wissenschaftliche Begründung nicht fehlt.

Es bedarf vielleicht der Entschuldigung, daß ich die Bandwürmer unter die Thiere zähle, die sich durch Generationswechsel fortpflanzen, da Männer von Bedeutung für sie eine Weise der Fortpflanzung annehmen, die sie Degenerationen nennen. Ihre Gründe sind, daß diese und noch einige andere Thiere, z. B. die Nematoden, in einem Stadium zu wandern anfingen, sich dabei verirren könnten und dann erst auf einem Umwege zur vollen Entwickelung kämen, so sollten die Nematoden sich in Gregarinen verwandeln können, deren Inhalt die Pseudonavisellen sich unter günstigen Verhältnissen in Nematoden verwandelten, unter ungünstigen wieder Gregarinen werden. So spricht man auch von Degenerationen der Bandwürmer, so von hydropisch entarteten Scolexformen. Mir scheint dies gewagt, vorläufig kennen wir noch keine andre Scolexform, als die mit der Wasserblase, die ja nichts wie die Embryonalblase ist. Was die Degeneration der Nematoden anbetrifft, so ist ihre Kenntniß noch nicht abgeschlossen. Sollte sich diese Entwickelungsweise bestätigen, so früge es sich, ob man nicht eine andere Deutung als eine Degeneration dafür fände. Jedenfalls finden wir doch unter den Trematoden fast ähnliche Erscheinungen, die wir nicht so deuten.

Hiemit schließe ich die Reihe der Beispiele. Sie genügen, um einen Begriff über diese Fortpflanzungsart zu bekommen. Nur ganz kurz will ich angeben, bei welchen Thieren wir den Generationswechsel vorfinden. Wie wir schon vermuthen können, werden es meistens Thiere aus den niedern Klassen sein.

Vor allem verbreitet scheint derselbe unter den Seethieren zu sein, denn bisher stellten sie das größte Contingent, dann aber auch unter den Parasiten.

So fanden wir den Generationswechsel unter den meisten Schirmquallen, den Hydrarienpolypen, Sertularien, Salpen,[14]) Siphonophoren, Bryozoen. Unter den Parasiten ist das große Geschlecht der Trematoden, Filarien, Cestoden (Band- und Blasenwürmer), die diese Fortpflanzungsart zeigen.

Aber selbst bis zu den Insecten hinauf hat man dieselbe verfolgt, so ist sie schon lange bei den Blattläusen bekannt, ja nach C. Th. v. Siebold[15]) soll er auch bei den Bienen vorkommen und nach demselben Forscher bei einigen Schmetterlingen[16]), so bei Psyche helix und Talaeporia lichenella. In ganz neuester Zeit spricht man sogar von einem Generationswechsel bei Fischen.

Fassen wir in aller Kürze nochmals die Erscheinungen des Generationswechsels zusammen, wie er sich sowohl in den angeführten Beispielen kund thut, als bei anderen Thieren, die wir der Vollständigkeit halber kurz anführen werden, so zeigt sich bei allen gemeinsam, daß ein geschlechtsreifes Thier eine Brut erzeugt, die ihm unähnlich ist und auch meistens bleibt, aber auf ungeschlechtlichem Wege eine Brut hervorbringt, die dem Mutterthier in Gestalt und Bedeutung ähnlich wird.

---

[14]) Chamisso. Berlin 1819. Huxley philos. transactions 1851.

[15]) Uebersicht der Arbeiten und Veränderungen der schlesischen Gesellschaft. 1851.

[16]) ibid. 1856.

Betrachten wir aber näher, wie die ungeschlechtliche Brut erzeugt wird, so wird man zwei Hauptunterschiede wahrnehmen können. Einmal erzeugt sich im Innern der Larve oder der Amme, wie wir nach dem Vorgange Steenstrups die zeugenden Larven nennen wollen, eine Brut oder es treibt die Amme äußere Knospen, die sich entweder lösen und durch Metamorphose in vollkommene Thiere verwandelt werden, oder die Knospen bleiben so lange mit der Amme im Zusammenhang, bis sie vollständig geschlechtsreif geworden sind.

Die erste Art, auch die Fortpflanzung durch innere Knospung genannt, tritt meistens bei den höher organisirten Thieren ein. Die ganze Entwickelung ähnelt in vieler Hinsicht der Zeugung durch Eier. Einmal haben die Keimkörner, so werden die inneren Knospen genannt, gewisse Aehnlichkeit mit Eiern; dann ist die Entwickelung derselben der der Eier analog, ferner aber entwickeln sie sich häufig in einem eignen Organe, das große Aehnlichkeit sowohl in Gestalt wie in Funktion mit dem Uterus weiblicher Thiere hat. Solche Art Bildung findet sich sehr hübsch bei den Blattläusen; nur in Kürze wollen wir sie hier anführen. Im Frühjahr kommt aus Eiern eine geschlechtslose Brut, die wiederum eine geschlechtslose Brut auf ungeschlechtlichem Wege erzeugt. Diese Art der Fortpflanzung geht den ganzen Sommer durch. Erst nach 9, 10 Generationen erscheinen im Herbste Männchen und Weibchen. Das Product ihrer Begattung sind befruchtete Eier, die mit einer derben Haut versehen wohl im Stande sind zu überwintern, während die Blattläuse selber gegen Winter sterben.

Hier tritt der Unterschied der Ammen und der Weibchen keineswegs sehr in die Augen, denn wesentlich unterscheiden sich letztere nur durch ihre Flügel und durch einen ausgebildeten Uterus.

Die zweite Art der ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch äußere Knospung tritt schon viel weiter ab von der geschlechtlichen Zeugung. Sie errinnert schon sehr an die Fortpflanzung, wie sie bei den Pflanzen allgemein ist. Beispiele sind Medusen, Cestoden. Zur Vervollständigung der Aehnlichkeit mit den Pflanzen bilden Thiere, die sich auf solche Weise fortpflanzen, oft genug Colonien,

wenn nämlich die Knospen statt sich zu lösen am Stock sitzen bleiben; auf solche Weise entstehen die Colonien der Sertularien, Bryozoen; auf solche Weise entstehen auch die Colonien der Siphonophoren. Bei letzteren tritt noch ein wunderbares Verhältniß hinzu, daß es nicht gleichartig aggregirte Individuen sind, die die Colonie bilden, sondern Thiere von der mannigfachsten Entwickelungsstufe. So giebt es bei denselben eigne Induviduen, die nur der Fortpflanzung, andre, die der Ernährung des Staats, andre, die der Bewegung, der frei umher schwimmenden Colonie bestimmt sind.[17]) Wir finden hier das in der Natur sehr allgemein verbreitete Gesetz der Arbeitsvertheilung vor. Wir werden derselben später noch eine kurze Aufmerksamkeit schenken.

Die Bedeutung der Amme zu ihrer Brut ist bei diesen beiden Arten der ungeschlechtlichen Fortpflanzung eine verschiedene. Bei der mit innerer Knospung hört die Bedeutung der Amme für die Brut mit der Aufziehung bis zur Lebensfähigkeit auf; nicht so bei der mit äußerer Knospung. Die Knospe bleibt zwar nicht immer mit der Amme im Zusammenhang, in der Regel aber doch bis zur Geschlechtsreife, z. B. Cestoden.

Die Bedeutung ja das Leben der Amme hört nicht mit der Geburt der Brut auf, wie es bei innerer Zeugung meist der Fall ist, sondern die Amme sorgt wie die Wurzel bei der Pflanze für die Ernährung des gesammten Stocks. Diese Bedeutung hat unter anderm der Kopf des Bandwurms.

Die Aufnahme von Nahrung durch die einzelnen Individuen, sei es durch Endosmose und Exdosmose, worauf die Brut, die durch innere Knospung entsteht, allein angewiesen ist, so lange noch keine besonderen Darmöffnungen vorhanden sind, oder durch den Mund, scheint jedenfalls bei den Thiercolonien sehr zurückzutreten.

Wenn ich angegeben habe, daß die innere Knospung nur bei Thieren höherer Organisation vorkommt, so hat dies aller-

[17]) Näheres siehe Leukart Zeitschrift für wissenschaftl. Zoolog. Bd. III. Gegenbauer ibid Bd. V.

dings seine Berechtigung, denn wo bei Insekten oder ihnen nahe stehenden Thiergattungen Generationswechsel vorkommt, ist er dieser Art. Damit ist jedoch keineswegs gesagt, daß sie als ein strenges Merkzeichen für bestimmte Thierklassen auftritt. Denn bei sehr nah verwandten Thieren kommt bald innere bald äußere Knospung vor.

Ich erinnere nur an Trematoden und Bandwürmer.

Auch die Bildung von sessilen Knospen ist keineswegs immer von der Bildung beweglicher Knospen streng getrennt. Ja selbst an einem Stocke bleiben einige mit dem Stocke in Verbindung, andere trennen sich, um neue Colonien zu bilden (Medusen, Polypen).

Auch die Bildung der Keimkörner und die äußere Knospung kann bisweilen in einem Thier stattfinden, so hat Oscar Schmidt bei einer Bandwurmart in den reifen Gliedern keine Geschlechtsorgane und Eier gefunden, sondern Keimkörner.

Schließlich will ich noch die Beobachtung von Busch erwähnen über Sarsia prolifera einer Medusenart, die von polypenförmigen Ammen stammt, wo neben einer Fortpflanzung durch Knospung Geschlechtstheile gefunden wurden, wo also geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung sowohl neben einander wie nach einander stattfand.

Soviel nur vorläufig, um zu zeigen, wie der Generationswechsel keineswegs etwas für sich Abgeschlossenes ist, sondern mit der geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Fortpflanzung vielfachen Zusammenhang hat. Dies näher nachzuweisen habe ich mir für einen eigenen Abschnitt vorbehalten.

Wenn ich es jetzt unternehme, der Männer zu erwähnen, die die bedeutendsten Verdienste für die Erkenntniß des Generationswechsels sich erworben haben, so muß mit Recht der Name Steenstrup vor allen genannt werden. Er ist es, der zuerst die Forschungen eines Chamisso, Bonnet, Lovén, Sars, v. Siebold und anderer trefflicher Forscher, welche die wunder-

barsten Verhältnisse der Zeugung und Entwickelung bei wirbellosen Thieren nachgewiesen hatten, unter einem gemeinsamen Gesichtspunkte zusammengefaßt hat. Aus einzelnen Beobachtungen, die scheinbar die widersprechendsten Resultate lieferten, hat er ein Gesetz aufgestellt. Er hat es gewagt, von einem Generationswechsel, einer Ammenerzeugnng, dem wesentlichsten Theile desselben, zu reden. Dies bleibt sein unsterbliches Verdienst, wenn auch manche der Beobachtungen, die er selbst angestellt hat, sich später als übereilt, manche der Folgerungen, die er aus seinen Beobachtungen, wie aus denen Anderer gezogen hat, als gewagt und unrichtig erwiesen haben. Steenstrup giebt die Definition vom Generationswechsel, wie wir sie schon öfter angeführt haben: „Ein Thier gebärt eine Brut, die nicht dem Mutterthiere ähnlich ist oder wird, sondern diesem unähnlich eine Brut hervorbringt, die zur Form und ganzen Bedeutung des Mutterthiers zurückkehrt." Steenstrup hält es für etwas Wesentliches, daß die erste Frucht nie dem Mutterthiere ähnlich wird, daß ihre ganze Aufgabe, wenn man so sagen darf, darin beruht, eine Brut in ihrem Leibe groß zu ziehen auf Kosten ihres eigenen Leibes. Er nennt diese Zwischengenerationen ammende Generationen; die einzelnen Individuen Ammen. Er vergleicht dann den Generationswechsel mit der Brutpflege der Arbeiter in den Ameisen- und Bienencolonien und nennt ihn eine eigenthümliche Form der Brutpflege in den niederen Thierklassen.

Ich muß nun gestehen, daß ich den Ausdruck Amme nicht für richtig halte. Denn wir haben es hier offenbar mit einer ungeschlechtlichen Fortpflanzung zu thun, wie dieselbe doch nicht ganz unerhört ist. Doch bin ich entschieden dafür, wenn man sich über den Begriff nur verständigt hat, das Wort beizubehalten. Jedenfalls hat es den Vorzug der Kürze. Nur darf es nicht zum Irrthume Veranlassung geben, als seien die Keime, die im Innern einer Amme großgezogen werden, von außen hineingebracht.

Bei dem allgemeinen Interesse, welches dieser Gegenstand unter den Naturforschern erregen mußte, war es natürlich, daß

bald die mannigfachsten Deutungen dieses merkwürdigen Gesetzes aufkamen. Wie wir schon angeführt haben, war das Gesetz, welches Steenstrup aufgestellt hatte, keineswegs unvorbereitet. Schon lange vorher hatten Männer, die sich mit niederen Thieren beschäftigten, einen ähnlichen Vorgang geahnet.[18]). Keiner hatte es vor Steenstrup aber gewagt, das Geahnete auszusprechen. Was war natürlicher, als daß man sich einer Seits freute, daß Licht ins Chaos kam, anderer Seits aber auch streng kritisirte, wo sich in der aufgestellten Ansicht etwas Mangelhaftes zeigte. Wie man oben ersehen kann, lag das Gewagte und Auffallende ziemlich zu Tage. Es fehlte daher nicht allein nicht an strengen Kritikern, sondern vielfach ward versucht, passendere Namen für dieses Gesetz aufzufinden. Sei mir es erlaubt, in wenig Worten die hauptsächlichsten Ansichten über den Generationswechsel hier durchzugehen.

Zuerst erwähne ich die Ansicht eines gelehrten Ausländers, des Engländers R. Owen[19]). Er verwirft den Namen Generationswechsel gänzlich, weil dadurch der Proceß nicht erklärt würde. Er schlägt statt dessen den Namen Parthenogenie vor. Er glaubt, daß der Name Amme eher Mißverständniß als Erklärung biete. Das Verhältniß der ungeschlechtlich erzeugten Brut sei wie zur Mutter, nicht wie zur Amme. Das Wesentliche sei, daß keine Begattung Statt finde. Er glaubt, daß durch den männlichen Samen der Dotterfurchungsproceß eingeleitet würde. Die Theilungszellen empfingen die Eigenschaften der ersten Keimzellen, also auch die Fähigkeit, sich zu theilen; es sei daher mehr als bildlich gesprochen, wenn er von einer gleichmäßigen Theilung der Keimfähigkeit der primären Keimzellen unter ihre zahllose Nachkommenschaft spräche. Kurz, er wünsche deshalb den Namen Parthenogenie adoptirt, weil er die Fortpflanzung der Theilbarkeit der

---

[18]) Siehe Steenstrup über den Generationswechsel. — J. Müller, Handbuch der Physiologie des Menschen. Abschnitt von der Zeugung. Coblenz 1840.

[19]) Ueber Zeugung und Entwickelung wirbelloser Thiere Medis. times Frorieps Notizen d. 3. Juli 49.

Keimzellen bezeichne, so daß in der Nachkommenschaft, wenigstens im ersten Gliede, unter besonders günstigen Verhältnissen auch im zweiten Gliede keine neue Befruchtung noth sei, um eine Brut zu erzeugen. Was Steenstrup daher Ammen nenne, seien vielmehr Jungfrauen, die aber Theilungszellen in sich trügen, welche von der ersten Befruchtung her Keimfähigkeit hätten. Einmal hat diese Ansicht nicht viel Neues. Es ist im Grunde die alte Lehre von der superfoecundatio, wie sie schon sehr früh für die Fortpflanzung der Blattläuse zur Erklärung angewandt worden ist. Dann sehe ich aber nicht, wie mit diesem Namen mehr als eine Umschreibung des Processes gegeben ist und gerade die Abwechslung der Generationen, welche ganz passend mit dem Namen Generationswechsel angedeutet ist, bezeichnet parthenogenie nicht.

Anders Carus;[20]) er behielt den Namen Generationswechsel bei, faßte aber das Wesen desselben so auf, daß die Entwickelung durch Einschieben neuer Generationsreihen unterbrochen wird. Die Entwickelung mit Generationswechsel unterscheide sich von der mit Metamorphose durch Auftreten neuer Keime. Es wird hier also keine Vorbereitung, vielmehr eine Unterbrechung angenommen. Das Auftreten neuer Keime ist nach meiner Meinung keine Erklärung, sondern nur Beschreibung des Processes. Wenn uns gesagt wäre, wodurch das Auftreten neuer Keime bedingt wäre, wäre ein größerer Fortschritt gethan. — Jedenfalls will Carus aber den Generationswechsel als etwas Abgeschlossenes von der Metamorphose sehr Verschiedenes aufgefaßt wissen.

Mit diesen Ansichten im Widerspruch, aber auch mit denen von Steenstrup, der geäußert hatte: es giebt keinen Uebergang von einer Metamorphose zum Generationswechsel, spricht sich J. Müller aus: Generationswechsel ist eine Metamorphose, die auf mehrere Generationen vertheilt ist, oder, wie er sich an derselben Stelle äußert:[21]) Ich verstehe unter Generationswechsel

[20]) Carus zur näheren Kenntniß des Generationswechsels. Leipzig 1849.
[21]) Müller's Archiv 1849. — J. Müller Asterienmetamorphose.

nichts Anderes als die Folge zweier Organismusformen, von denen die eine in oder an der anderen als Minimum zuerst entsteht als Knospe; die zweite, nämlich die entwickelte Knospe, erst die zur geschlechtlichen Zeugung bestimmte Form ist, aus welcher durch geschlechtliche Zeugung die geschlechtslose Form entsteht.

So faßt er das Wesen des Generationswechsels sehr kurz und präcise auf. Doch begnügt er sich hiemit nicht. Bei Gelegenheit der Untersuchungen über die Entwickelung der Echinodermen, aber auch an der vorher angeführten Stelle äußert er sich, daß nicht allein der Generationswechsel außer Zusammenhang von der Metamorphose nur halb verstanden werde, sondern daß selbst die einfache Metamorphose unabhängig vom Generationswechsel nicht richtig aufgefaßt werden könne, wenn sie nicht mit der ihr am meisten entfernten Erscheinung des vollkommenen Generationswechsels und mit dem einen Uebergang bildenden Generationswechsel der Echinodermen zusammengestellt und verglichen würde.

Hieran schließt sich R. Leukart. Er behauptet, gestützt auf die Untersuchungen Müller's über die Echinodermen und auf die allgemeinen Gesetze der Fortpflanzung und Entwickelung der Thiere, Generationswechsel ist nichts als ungeschlechtliche Vermehrung während des Larvenlebens. Diese seine Ansicht hat er mit vielem Scharfsinne in mehreren Werken ausgeführt.[22]) Er weist morphologisch und teleologisch die Nützlichkeit desselben nach und belegt seine Behauptungen mit sehr zahlreichen trefflich geordneten Thatsachen. Am durchgreifendsten und ausführlichsten ist dies im letzterwähnten Werke geschehen. Ich stimme seiner Ansicht vollkommen bei und werde mich bemühen, in kurzen Zügen den Zusammenhang zwischen Metamorphose und Generationswechsel nachzuweisen.

---

[22]) Ueber Metamorphose, ungeschlechtliche Vermehrung, Generationswechsel. Zeitschrift für wiss. Zool. 1851. — Bergmann u. Leukart, vergleichende Anat. und Physiol. 1852. — Artikel Zeugung in Wagner's Handwörterbuch der Physiol.

Bei der Erwähnung des Generationswechsels pflegt Jedermann über eine so unerhörte und wunderbare Erscheinung in der Natur zu erstaunen. Diesen Schein des Wunderbaren mußte derselbe nothwendiger Weise an sich tragen, so lange man in ihm einen Vorgang sah, der ohne alle Analogie dastand. Gewiß, derselbe ist wunderbar genug, aber nicht wunderbarer, als die Metamorphose. Es ist in der That doch eine überraschende Erscheinung, daß Thiere geboren werden, die dem Mutterthier vollkommen, oder vielmehr scheinbar unähnlich, gleichsam noch auf einem embryonalen Standpunkte der Entwickelung ein selbständiges Leben führen, die aber durch wiederholte Häutung zuletzt zur Form und Bedeutung des Mutterthiers zurückkehren. Und doch wer staunt jetzt noch, wenn aus der starren Puppe sich ein Schmetterling emporhebt. Wir sind mit den Erscheinungen der Metamorphose vertraut geworden; von Jugend auf haben wir sie vor Augen. Indessen gab es auch eine Zeit, wo man glaubte, die Fliegenmaden entstünden aus dem Fleisch und Froschlarven regneten vom Himmel. Jetzt lachen wir über diese Ansichten; es wird aber eine Zeit kommen, wo auch der Generationswechsel allgemein bekannt sein wird und vielleicht wird man dann auch über uns lachen, weil wir glauben, daß der Bandwurm in den Eingeweiden von Thieren entstehe. Gewiß der alte Swammerdam und Leeuvenhoek haben kein geringeres Verdienst für die Wissenschaft, da sie uns die Metamorphose kennen lehrten, als die neuen Forscher, die uns mit den Erscheinungen des Generationswechsels bekannt machten. Vergleichen wir nun die Metamorphose mit dem Generationswechsel, so zeigen sich allerdings sehr wesentliche Unterschiede. Wir haben es nicht mit einem metamorphosirenden Individuum zu thun, sondern vielmehr mit metamorphosirenden Generationen. Denn nicht die Larve erhebt sich zum Mutterthier, sondern dessen Brut. Die Raupe, die in ihrer plumpen Gestalt wenig Aehnlichkeit mit dem Schmetterling zu haben scheint, ist im Wesentlichen dasselbe Thier. Schon Swammerdam hat nachgewiesen, wie alle Theile des Schmetterlings nicht allein angedeutet, sondern in etwas unvollkommner Gestalt zusammengefaltet

in der Raupe liegen. Betrachten wir dagegen einen ausgebildeten Generationswechsel, so finden wir in der That wenig Anknüpfungspunkte. Die Cercarien, die im Innern der Trematoden-Ammen entstehen, sie haben in der That nur sehr geringe Aehnlichkeit mit denselben. Zahlreiche Brut entsteht im Leibe eines Thieres ohne jegliche Befruchtung. Eb ist wahr, fassen wir das Erzeugtwerden einer zahlreichen Brut als das Hauptmoment des Generationswechsels auf, so möchte ein directer Uebergang von einem zum andern kaum nachzuweisen sein, wie Carus, Steenstrup ihn auch entschieden leugnen. Aber schon bei denselben Thieren, die wir so eben als Beweis eines ausgebildeten Generationswechsels angeführt haben, den Trematoden, werden wir meiner Ansicht nach eines andern belehrt. Ich wenigstens sehe den flimmerhaarigen Embryo, in dem die Cercarienamme entsteht, ebenfalls für ein ammenartiges Thier an. Denn mit einer einfachen Metamorphose haben wir es hier doch nicht zu thun, da beide, Wirth wie Gast, sich gleichzeitig bewegen. Wenn wir nun aber auch wirklich die zahlreiche Brut als etwas Unwesentliches fallen lassen, so bleiben doch noch wichtige Unterschiede und vor allem was ich vorher anführte, wird nicht die Larve ins Mutterthier übergeführt, sondern dessen ungeschlechtliche Brut. Dieser Unterschied bleibt auch; wir sehen aber, wie eine Annäherung zur Metamorphose Statt findet; es ist also, wie Carus annimmt, das Auftreten neuer Keime, was den Unterschied bedingt. Betrachten wir nun die Metamorphose näher und sehen wir, ob von dieser Seite nicht auch eine Annäherung Statt findet. Bei einzelnen Ordnungen von Insekten besteht die Metamorphose fast lediglich in einer Häutung. Die Larve unterscheidet sich vom vollkommnen Insekt äußerlich nur sehr wenig. Es sind dies meistens solche Thiere, die im ziemlich ausgebildeten Stadium das Ei verlassen. Die Lebensweise der Larve unterscheidet sich nur sehr wenig von der des Insekts. Man spricht dann fälschlicher Weise von einer unvollkommnen Metamorphose.

Sehen wir dagegen eine vollkommene Metamorphose an, so werden sehr wesentliche Organe, die aber nur für die jedesmalige

Lebensweise einen Werth haben, abgeworfen. So wirft die Raupe ihre Larvenfüße, ihre Freßwerkzeuge mit der äußern Haut ab. Der Schmetterling hat andere Lebensweise wie die Raupe und kann die Larvenorgane nicht mehr gebrauchen. J. Müller hat uns schließlich mit einer Entwickelungsreihe bekannt gemacht, wo wir ernstlich im Zweifel sein können, haben wir es mit einer Metamorphose oder mit einem Generationswechsel zu thun. Die Larve der Echinodermen ist sehr von dem vollkommnen Thiere verschieden. In der Larve knospet gleichsam das vollkommene Thier; schließlich trennt es sich von der Larve, nimmt aber Darmtheile, vor allem den Magen, mit in den freien Zustand hinüber. Aber auch diese Theile können nicht unmittelbar verwendet werden, sondern werden erst durch mehrfache Metamorphosen der neuen Lebensweise angepaßt. Jeder kann nun schließen und urtheilen, ob nicht die Grenze der Metamorphose und des Generationswechsels hier sehr nahe gerückt ist.

Es bleibt uns jetzt nur noch übrig, nachzuweisen, welche Bedeutung der Generationswechsel im ganzen Haushalte der Natur hat. Wer mit ungetrübten Augen die Schöpfung betrachtet, dem fällt eine große Verschiedenheit der Fruchtbarkeit unter den Thieren auf. Aber gerade diese Verschiedenheit der Vertheilung, sie ist nothwendig zum Fortbestand der ganzen organischen Welt. Denn mannichfach sind die Bedürfnisse der verschiedenen Thiergeschlechter. Würde die Zahl der Raubthiere so groß sein, wie die der Kräuterfresser, so würden bald erstere überwiegen, sie würden sich unter einander die Nahrung wegnehmen, ganze Thiergeschlechter würden aussterben. Daß dieses nicht geschehen kann, dafür ist gesorgt durch die Verschiedenheit der Fruchtbarkeit. So kann man sagen, daß die Ungleichheit zur Aufrechthaltung des Gleichgewichts nöthig ist.

Manchem könnte es scheinen, als sei dies Spiel eines glücklichen Zufalls. Das Verdienst Leukarts ist es, nachgewiesen zu haben, daß hier strenge Gesetze statt Willkür walten.

Zwei Hauptgesetze lassen sich vor Allem in Betreff der Fruchtbarkeit der Thiere erkennen.

Die Fruchtbarkeit hängt ab

1) von der Größe des Bildungsmaterials, das im Getriebe des individuellen Lebens erübrigt wird;

2) von der Größe des materiellen Bedürfnisses während der embryonalen Entwickelung.

Das erstere scheint sich von selbst zu verstehen; es ist in der That auch einfach genug. Bevor eine Brut erzeugt werden kann, muß den Bedürfnissen des individuellen Lebens genügt sein. Denn so lange das individuelle Leben alles Bildungsmaterial in Anspruch nimmt, kann für die Brut nichts erübrigt werden. Der zweite Satz ist eben so einfach. Je größer die Ansprüche der embryonalen Entwickelung sind, um so ungünstiger muß sich das numerische Verhältniß herausstellen. Denn jemehr Material jeder Embryo in Anspruch nimmt, um so weniger können mit dem gebotenen Material auskommen. Wollen wir nun den Verbrauch des individuellen Lebens kennen lernen, so müssen wir die hauptsächlichen Ausgaben berücksichtigen. Die Hauptausgabe ist jedenfalls für die Erzeugung der Bewegungskraft. Je gewaltiger ein Thier ist, je mächtiger die Masse seiner Muskeln, um so sparsamer wird seine Fruchtbarkeit sein, und das um so mehr, je mehr es seine Kräfte anwendet. Denn mit der Bewegung wird der Stoffwechsel angeregt. Hieraus können wir schon den Schluß machen, je ruhiger ein Thier bei reichlicher Nahrung sich verhält, um so rascher wird der Ueberschuß herbeigeschafft sein. Wir finden in der That, daß Hausthiere, wenn ihnen sonst Gelegenheit zur Fortpflanzung gegeben wird, die wilden Thiere der gleichen Gattung an Fruchtbarkeit übertreffen. So finden wir auch, daß kräuterfressende Thiere meist sehr fruchtbar sind. Umgekehrt sind die Raubthiere so selten gebärend, weil sie zur Erlangung ihrer Nahrung viel Kraftaufwand bedürfen.

Was nun den zweiten Hauptsatz anbetrifft, so finden wir ihn sehr häufig bestätigt. So finden wir unter den großen Kräuterfressern nur sparsame Fruchtbarkeit, weil sie ihre Junge sehr austragen. Wo es darauf ankommt, daß das numerische Verhältniß möglichst groß sei, muß das embryonale Bedürfniß möglichst klein sein; es wird daher dort die Brut meist in Form von

Eiern geboren werden. Es leuchtet ein, daß Eier vielfachen Zufälligkeiten ausgesetzt sind, weshalb auch vom teleologischen Standpunkte aus ihre Zahl sehr groß sein muß. Betrachten wir nun in dieser Beziehung die niederen Thiere, so finden wir, daß gerade sie den mannichfachsten Gefahren ausgesetzt sind. Tausende gehen zu Grunde, tausende müssen drum auch wieder erstehen. Schon deshalb ist ihre ungeheure Fruchtbarkeit zu erklären. Daher finden wir die Eier auch bei ihnen am meisten verbreitet. Ja wir finden die Ausstattung derselben sehr mangelhaft, so daß sie dem Foetus zur Entwickelung nur geringe Nahrung gewähren. Die Thiere werden gleichsam halbreif geboren und müssen in diesem Zustande sich Nahrung herbeischaffen. Durch die Metamorphose ist ihnen ein Mittel geboten, durch welches ihnen dieses möglich gemacht wird. Wir können daher mit Recht sagen, die Metamorphose ist ein Mittel zur Vermehrung der Fruchtbarkeit. Einmal, weil dadurch die Möglichkeit geboten ist, den Aufenthalt zu wechseln, oder, was in dieser Beziehung identisch ist, den Ort, der ihnen die Möglichkeit der Ernährung bietet, dann, weil sie ein Mittel der Arbeitsvertheilung ist. Denn jedes Thier ist bestimmt, sich zu erhalten und seine Gattung fortzupflanzen. In der Metamorphose ist die Sorge für den individuellen Bedarf gleichsam von der Sorge für die Fortpflanzung getrennt. Denn vergleichen wir die Larven vieler Insekten mit dem ausgebildeten Thiere, so fällt uns die ungeheure Gefräßigkeit der ersteren oft genug auf. Oft scheint in der That das ausgebildete Thier nur für's Zeugungsgeschäft bestimmt zu sein. Man kann von diesen Thieren also sagen, sie freuen sich ihres Lebens als Larven und sorgen als ausgebildete Thiere für andere. Das Insekt wächst im Larvenzustande. Ist die Metamorphose vollendet, ist auch das Wachsthum beendigt. Es leuchtet hieraus ein, daß die Fortpflanzung auch um so reichlicher sein kann, je weniger Kräfte zum Erwerb der Nahrung verwandt werden.

Ich könnte von der Arbeitsvertheilung auf dem Gebiete des geschlechtlichen Lebens noch viele Beispiele anführen, denn es ist eines der verbreitetsten Gesetze. Ich könnte anführen, wie Trennung der Geschlechter bei höheren Thieren, wie andererseits der

Hermaphroditismus bei niederen Thieren denselben Zweck der Kraftersparniß hat. Hier kommt es mir nur darauf an, sie insoweit zu berücksichtigen, wie sie für die numerische Fruchtbarkeit der Thiere von Einfluß ist. Ist nicht durch den Hermaphroditismus die Fruchtbarkeit vermehrt? Tritt er nicht gerade da in Geltung, wo dem Begegnen der Keimstoffe mannichfache Schwierigkeiten im Wege stehen? Er tritt daher bei Thieren auf, die durch ihre Lebensweise verhindert sind, sich frei zu bewegen. Daher bei Thieren, die als Parasiten in anderen Thieren leben. Wie der Hermaphroditismus, so ist auch die ungeschlechtliche Vermehrung, so auch der Generationswechsel ein Mittel zur Vermehrung der Fruchtbarkeit. Vor Allem wird daher der Zweck erreicht, wenn die ungeschlechtlich erzeugte Brut zahlreich ist, fast gar nicht aber, wenn nach Erzeugung eines Jungen die Amme stirbt, wie beim flimmerhaarigen Embryo der Trematoden. Aus diesem Grunde leugnet auch Leukart das Ammenwesen dieses Thierchens. Die Fruchtbarkeit muß natürlich ins Ungeheure steigen, wenn jede Amme wieder Ammen erzeugt, wie es ja bisweilen bei den Trematoden Statt findet, oder wenn, wie bei den Hydrarienpolypen, sich Knospen trennen, um neue Colonien zu gründen.

Am Schlusse kann ich es mir nicht versagen, darauf hinzuweisen, wie in der Pflanzenwelt der Generationswechsel eine ganz allgemeine Erscheinung ist, wie überhaupt die Grenze des Thier- und Pflanzenreichs hier möglichst nahe gerückt ist. Ich billige es gewiß nicht, den Generationswechsel als einen Beweis anzuführen, daß überhaupt keine Grenze zu ziehen sei, aber das muß ich gestehen, schwer genug ist sie oft aufzustellen. Was den Generationswechsel bei den Pflanzen anbetrifft, so ist er von der vollkommensten Art. Pflanzen sind, wie man sich ausdrücken kann, polymorphe Pflanzenstöcke. Pflanzen, so gesteht man jetzt allgemein zu, sind zusammengesetzte Organismen. Sehen wir doch, wie aus dem Samen nicht sogleich das geschlechtliche Individuum entsteht, sondern wie durch ungeschlechtliche Zeugung, durch Knospung, erst eine Colonie Ernährungsorganismen entstanden sein müssen, bevor das Endziel, die höchste Ausbildung dieses Staates, in der Blüthe

auftritt. Die Ausbildung der Frucht, sie bedarf der Zusammenwirkung des ganzen Staates; sie nimmt alle Kräfte desselben in hohem Maße in Anspruch, denn während der Blüthezeit, noch mehr während der Entwickelung der Frucht macht das sogenannte Wachsthum, das heißt die ungeschlechtliche Vermehrung, wenig Fortschritt, wenn sie auch nicht unterbrochen ist. Aus der Morphologie wissen wir, daß die Blüthe durch die Metamorphose eines Einzelorganismus hervorgeht. Unter besonders günstigen Verhältnissen vermag aus jedem einzelnen Gliede Blüthe und Frucht hervorzugehen. Es findet also ein Generatonswechsel im ausgedehntesten Maße statt. Vergleichen wir mit diesen Pflanzencolonien die Thiercolonien, so ist es wohl zu erklären, wie eine Grenze dieser Reiche schwer aufzufinden ist. Es ist in der That ein verzeihlicher Irrthum, daß man besonders vor der Kenntniß der niederen Thiere viele Thiere zu den Pflanzen rechnete. Als man jene kennen lernte, ist man vielleicht nach der andern Seite zu weit gegangen, indem man viele pflanzliche Organismen den Pflanzen zuzählte. Bei vielen Organismen ist es in der That noch jetzt zweifelhaft. Daß gerade das Wasser die niedrigsten Organismen hegt, darf uns nicht wundern, denn kein Element ist wie das Wasser geeignet den zartesten Wesen die Bedürfnisse zum Leben zu bieten. So ist mit Recht das Meer die Amme einer unerforschten Schöpfung zu nennen. Unendliches schon verdanken wir ihm, unendliches hegt es noch in sich, das unerforscht ist und auch bleiben wird. Schon hat es uns Gesetze offenbart, von denen wir vorher keine Ahnung hatten, schon hat es uns Dinge gelehrt, die alle bekannten Gesetze der Entwickelung zu erschüttern drohten[23]) und sicher werden wir noch ferner Dinge erfahren, die wir jetzt vielleicht noch nicht ahnen.

---

[23]) J. Müller über den Schnecken erzeugenden Schlauch der Holothurien. Müllers Archiv 1852. ꝛc.